

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月19日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-237734

[ST.10/C]:

[JP2002-237734]

出 願 人

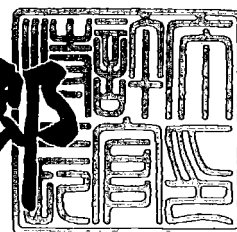
Applicant(s):

NECエレクトロニクス株式会社

2003年 5月13日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3034349

【書類名】 特許願

【整理番号】 74112700

【提出日】 平成14年 8月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/768
H01L 21/31

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

 【氏名】 谷國 敬理

【特許出願人】

 【識別番号】 000004237

 【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100086645

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 岩佐 義幸

 【電話番号】 03-3861-9711

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 000435

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 0102856

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】

銅或いは銅合金からなる配線の上面が絶縁膜によって覆われた配線構造を有する半導体装置において、

前記配線と前記絶縁膜の間に、前記配線の上面を覆うバリア膜を介して銅拡散防止用のキャップ膜を形成したことを特徴とする半導体装置。

【請求項2】

前記バリア膜は、前記キャップ膜を成膜する成膜用ガスに前記配線が曝されるのを防止する曝露防止膜であることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置。

【請求項3】

前記キャップ膜は、SiCN膜であることを特徴とする請求項1または2に記載の半導体装置。

【請求項4】

前記SiCN膜は、トリメチルシランガスとNH₃ガスとHeガスを用いて成膜された膜であることを特徴とする請求項3に記載の半導体装置。

【請求項5】

前記バリア膜は、NH₃ガスを用いないで成膜された膜であることを特徴とする請求項1から4のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項6】

前記バリア膜は、SiC膜であることを特徴とする請求項5に記載の半導体装置。

【請求項7】

前記配線が層間絶縁膜を介して複数層形成された多層配線構造を有することを特徴とする請求項1から6のいずれかに記載の半導体装置。

【請求項8】

銅或いは銅合金からなる配線の上面が絶縁膜によって覆われた配線構造を有する半導体装置の製造方法において、

前記配線と前記絶縁膜の間に、前記配線の上面を覆うバリア膜を介して銅拡散防止用のキャップ膜を成膜する工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 9】

前記配線を形成した後、 NH_3 ガスを用いずに前記バリア膜を成膜する工程を有することを特徴とする請求項 8 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 10】

前記バリア膜は、 SiC 膜であることを特徴とする請求項 9 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 11】

前記バリア膜を成膜した後、トリメチルシランガスと NH_3 ガスと He ガスを用いて前記キャップ膜を成膜する工程を有することを特徴とする請求項 8 から 10 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 12】

前記キャップ膜の成膜は、トリメチルシランガスと He ガスを用いて前記バリア膜を成膜した後に、連続して NH_3 ガスを導入し行われることを特徴とする請求項 11 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 13】

前記キャップ膜は、 SiCN 膜であることを特徴とする請求項 11 または 12 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 14】

前記配線を形成した後、前記バリア膜と前記キャップ膜を形成し、更に、層間絶縁膜を形成する一連の工程を複数回行って、前記配線が複数層からなる多層配線構造を形成することを特徴とする請求項 8 から 13 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、半導体装置およびその製造方法に関し、特に、銅 (Cu) 配線が

複数層設けられた多層配線構造を有する半導体装置およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、銅配線が設けられた半導体装置において、銅配線から層間絶縁膜である酸化膜へCuが拡散するのを防止する拡散防止膜が知られている。

【0003】

このような拡散防止膜として銅配線の上面に設けられるキャップ膜は、プラズマ窒化膜(SiN)により形成されていたが、SiNは誘電率が高いため配線遅延増大の要因になる。そこで、膜質を、SiNから低誘電率のシリコンと炭素の化合物(SiC)或いはシリコンと炭素と窒素の化合物(SiCN)に変えて、配線遅延の問題に対処していた。

【0004】

図3は、デュアルダマシン法にて、銅配線を形成する際の一工程断面模式図である。図3に示すように、銅配線1は、層間絶縁膜2に埋設状態に配置されており、その上面は、Cu拡散防止用のキャップ膜3を介して、層間絶縁膜4に覆われている。この層間絶縁膜4の上面は、エッチングストッパ膜5を介して層間絶縁膜6に覆われている。

【0005】

銅配線1の上面から、キャップ膜3、層間絶縁膜4、エッチングストッパ膜5を貫通し、層間絶縁膜6に開口するビアホールには、レジスト7が埋め込まれ、層間絶縁膜6の上面には、トレンチ8を形成するためのレジストマスク9が形成されている。例えば、特開2001-284355には、このようなキャップ膜として、SiC膜を採用する例が開示されている。

【0006】

ところで、Cu拡散防止用キャップ膜3やエッチングストッパ膜5としてSiC膜を用いた場合、レジストマスク9が正確な開口形状を得ることができない、ポイズンドフォトレジストを生じさせてしまい、配線を多層化して行く上で不具合をもたらすことになる。つまり、ポイズンドフォトレジストが生じると正確な

露光ができなくなり、ビアの歩留まりが低下してしまう。

【0007】

このポイズンドフォトレジストが生じるのは、キャップ膜3及びエッチングストッパ膜5の成分であるSiCから離脱したガスが、ビアホールを通過して層間絶縁膜6の上面に出てきて、レジストマスク9に悪影響を及ぼすからである。この脱ガスの影響を受けて、本来垂直に切れることが望ましいレジストマスク9の端部の肩がだれて傾斜してしまう（図3参照）。

【0008】

また、SiC膜は、十分な膜質強度が得られないためピンホールが発生し易く、層間絶縁膜4へのCuの拡散を確実に防止することができなかった。

【0009】

一方、銅配線のカバー膜としてSiCNを用いたものが、特開2002-83869号公報或いは特開2002-83870号公報に開示されている。

【0010】

銅配線1のキャップ膜3としてSiCN膜を用いたことにより、十分な膜質強度が得られて膜質が安定しピンホールが発生し難くなり、その上、脱ガスによるポイズンドフォトレジストが発生しない、という利点がある。

【0011】

図4は、従来の銅配線に設けたキャップ膜の形成方法を概略的に示す断面図である。図4に示すように、層間絶縁膜2に埋設状態に配置された銅配線1の上面をCMP (chemical mechanical polishing) により平坦化し（(a) 参照）、その後、SiCN膜の成膜ガスであるトリメチルシランガスとNH₃ ガス（アンモニアガス）とHeガスをCVD装置に導入してガス・圧力を安定させた後に、高周波 (radio frequency: RF) を導入し、銅配線1の上面にCu拡散防止用のキャップ膜3としてSiCN膜を形成する（(b) 参照）。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、SiCN膜を成膜する場合、シリコン (Si) とカーボン (C

）と窒素（N）で化合物を作ることから、Nの原料ガスとして NH_3 ガスを使用することが避けられず、この NH_3 ガスが銅配線に対して悪影響を与えてしまう。

【0013】

つまり、SiCN膜の成膜時、RFを導入する前のガス・圧力を安定させる際に銅配線が NH_3 ガスに曝されてしまい、引っ張り応力と腐食の相互作用により金属に割れが発生する「応力腐食割れ（stress corrosion cracking）」を引き起こすことになる。「応力腐食割れ」は、銅或いは銅合金とアンモニア系のガス或いはアミン系の有機物との組み合わせによって起こることが知られている。

【0014】

この「応力腐食割れ」による銅配線の割れの部分が大きくなると、穴となって配線の抵抗値のばらつきをもたらす。特に、銅配線とビアの接続部分に生じた割れが大きくなると、断線の原因となる。

【0015】

この発明の目的は、銅或いは銅合金からなる配線のキャップ膜として、配線が応力腐食割れを引き起こすことがない半導体装置およびその製造方法を提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、この発明に係る半導体装置は、銅或いは銅合金からなる配線の上面が絶縁膜によって覆われた配線構造を有する半導体装置において、前記配線と前記絶縁膜の間に、前記配線の上面を覆うバリア膜を介して銅拡散防止用のキャップ膜を形成したことを特徴としている。

【0017】

上記構成を有することにより、銅或いは銅合金からなる配線と、この配線の上面を覆う絶縁膜との間には、配線の上面を覆うバリア膜を介して銅拡散防止用のキャップ膜が形成され、配線とキャップ膜が直接接触することがない。これにより、銅或いは銅合金からなる配線のキャップ膜としてSiCN膜を用いても、S

i CN膜の原料ガスであるNH₃ ガスが配線にふれることがないので、配線が応力腐食割れを引き起こすことがない。

【0018】

また、この発明に係る半導体装置の製造方法により、上記半導体装置を実現することができる。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、この発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0020】

図1は、この発明の一実施の形態に係る銅配線が設けられた半導体装置の一部を示す断面図である。図1に示すように、半導体装置10は、銅(Cu)或いは銅合金からなる配線(以下、銅配線と略称する)が複数層設けられた多層配線構造を有している。

【0021】

銅配線11の上面には、バリア膜12が形成され、バリア膜12の上面には、Cu拡散防止用のキャップ膜13が形成されている。即ち、銅配線11の上面は、バリア膜12とキャップ膜13の2つの膜により覆われている。銅配線11の下面及び側面には、例えばTa或いはTa₂N₅等からなるバリア膜14が形成されており、銅配線11は、バリア膜14を介して層間絶縁膜15に埋設状態に配置されている。層間絶縁膜15は、エッチングストッパ膜16を介して、層間絶縁膜17の上面に形成されている。

【0022】

キャップ膜13の上面には、層間絶縁膜18が形成されており、層間絶縁膜18の上面には、エッチングストッパ膜19を介して、層間絶縁膜20が形成されている。この層間絶縁膜20には、銅配線11の上層配線である銅配線21が埋設状態に配置されている。銅配線21は、層間絶縁膜18を貫通するビアホール22を介して銅配線11に接続されている。

【0023】

Cu拡散防止用のキャップ膜13は、トリメチルシランガスとHeガスとNH

3 ガス（アンモニアガス）により SiCN 膜を成膜して形成され、バリア膜 12 は、トリメチルシランガスと He ガスにより SiC 膜を成膜して形成されている。即ち、銅配線 11 の表面には、SiC 膜を介して SiCN 膜が設けられている。

【0024】

NH₃ ガスを使用しないで成膜された SiC 膜に、NH₃ ガスを使用して成膜された SiCN 膜が積層されている状態は、光学的方法で行う膜厚測定により SiC 膜と SiCN 膜が分離して表れることから確認することができる。

【0025】

図 2 は、図 1 の銅配線に設けたキャップ膜の形成方法を概略的に示す断面図である。図 2 に示すように、先ず、層間絶縁膜 14 中の銅配線 11 の上面を CMP により平坦化する（（a）参照）。

【0026】

次に、枚葉式の成膜装置において、SiC 膜の成膜ガスであるトリメチルシランガスと He ガスを導入してガス・圧力を安定させた後に、RF を導入し、銅配線 11 の上面にバリア膜 12 としての SiC 膜を形成する（（b）参照）。

【0027】

そして、SiC 膜を形成した後、そのまま RF を切らずに連続して NH₃ ガスを導入し、SiC 膜の上面にキャップ膜 13 としての SiCN 膜を形成する（（c）参照）。

【0028】

つまり、銅配線 11 に対して悪影響を与える NH₃ ガスを含まない SiC 膜からなるバリア膜 12 を、銅配線 11 の上に成膜した後に、そのバリア膜 12 の上に Cu 拡散防止用のキャップ膜 13 を成膜する。

【0029】

従って、SiCN 膜からなるキャップ膜 13 を形成するために必要とする、銅配線 11 に対して悪影響を与える NH₃ ガスに、銅配線 11 が曝されてしまうことがない。このバリア膜 12 は、キャップ膜 13 を成膜する成膜用ガスに銅配線 11 が曝されるのを防止する曝露防止膜として機能する。

【0030】

また、上述したキャップ膜の形成工程において、銅配線11の上面にバリア膜12としてのSiC膜を形成した（（b）参照）後、一旦、SiC膜の成膜ガスであるトリメチルシランガスとHeガスをCVD装置から排気し、排気後、新たにSiCN膜の成膜ガスであるトリメチルシランガスとNH₃ガスとHeガスを導入して、SiC膜の上面にSiCN膜の成膜を行ってもよい。

【0031】

成膜プロセスを上述の排気を行わず連続して行う場合、成膜コンディションを余り変化させないで成膜することができ、その上、SiCN膜を連続して積層することができるので量産化に適している。

【0032】

そして、銅配線11の上に、バリア膜12及びキャップ膜13を成膜した後、層間絶縁膜18（図1参照）を形成し、その後、銅配線、バリア膜及びキャップ膜、層間絶縁膜を順番に形成する一連の工程を複数回行って、銅配線が複数層からなる多層配線構造を有する半導体装置10を形成する。尚、特開2002-83870には、キャップ膜としてのSiCNをSiH₄、C₂H₄、N₂を前駆体として形成する例が開示されているが、低誘電率かつ銅拡散防止効果の高い適度なN含有量のSiCN膜形成のためには、NH₃を原料ガスとして使用することが必要である。

【0033】

このように、この発明によれば、銅配線11の表面に、Cu拡散防止用のSiCN膜からなるキャップ膜13を形成する前に、成膜ガスにNH₃ガスを含まないSiC膜を形成して、銅配線11とキャップ膜13との間にSiC膜からなるバリア膜12を設けている。この銅配線11の上面を覆うバリア膜12により、銅配線11と銅拡散防止用のキャップ膜13が直接接触することがない。

【0034】

従って、キャップ膜13の成膜時、銅配線11がNH₃ガスに曝されないので、銅配線11が応力腐食割れを起こすのを防止することができ、銅配線11と銅配線11に接続されたCuビアの信頼性を向上させることができる。ここで、バ

リア膜としてのSiC膜の膜厚は、キャップ膜の成膜ガスとしてのNH₃ガスが銅配線11表面に接触することを防止できれば十分である。従って、ポイズンドフォトレジストの原因となる離脱ガス量が問題とならない程度にうすく形成するのが好ましい。

【0035】

つまり、キャップ膜として低誘電率の膜を得ることができ、また、ビア形成時にポイズンドフォトレジストが発生するのを防止し、更に、銅配線の表面にSiCN膜からなるキャップ膜を形成しても、銅配線が成膜ガスに含まれるNH₃ガスに曝されてしまうのを防止することができる。

【0036】

上述した配線構造は、配線とビアを一緒に作ってしまうデュアルダマシン、或いは配線とビアを別々に作るシングルダマシンの何れにおいても形成することができる。

【0037】

なお、上記実施の形態において、キャップ膜の成膜ガスとして、トリメチルシランガス、Heガス、NH₃ガスを用いたが、これに限るものではなく、Heガスの代わりに、Arガス又はN₂ガスを用いても良い。

【0038】

【発明の効果】

以上説明したように、この発明によれば、銅或いは銅合金からなる配線と、この配線の上面を覆う絶縁膜との間には、配線の上面を覆うバリア膜を介して銅拡散防止用のキャップ膜が形成され、配線とキャップ膜が直接接触することがないので、銅或いは銅合金からなる配線のキャップ膜としてSiCN膜を用いても、SiCN膜の原料ガスであるNH₃ガスが配線にふれることがないので、配線が応力腐食割れを引き起こすことがない。

【0039】

また、この発明に係る半導体装置の製造方法により、上記半導体装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

この発明の一実施の形態に係る銅配線が設けられた半導体装置の一部を示す断面図である。

【図 2】

図 1 の銅配線に設けたキャップ膜の形成方法を概略的に示す断面図である。

【図 3】

デュアルダマシン法にて、銅配線を形成する際の一工程断面模式図である。

【図 4】

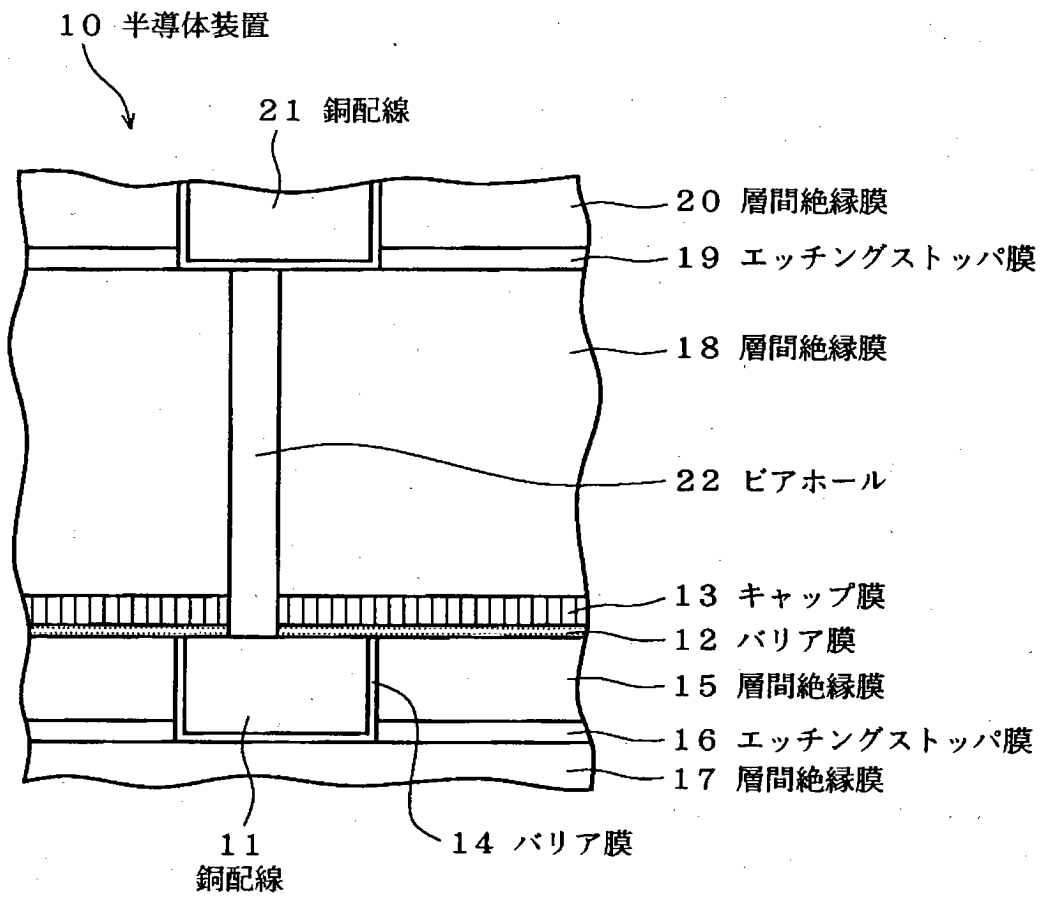
従来の銅配線に設けたキャップ膜の形成方法を概略的に示す断面図である。

【符号の説明】

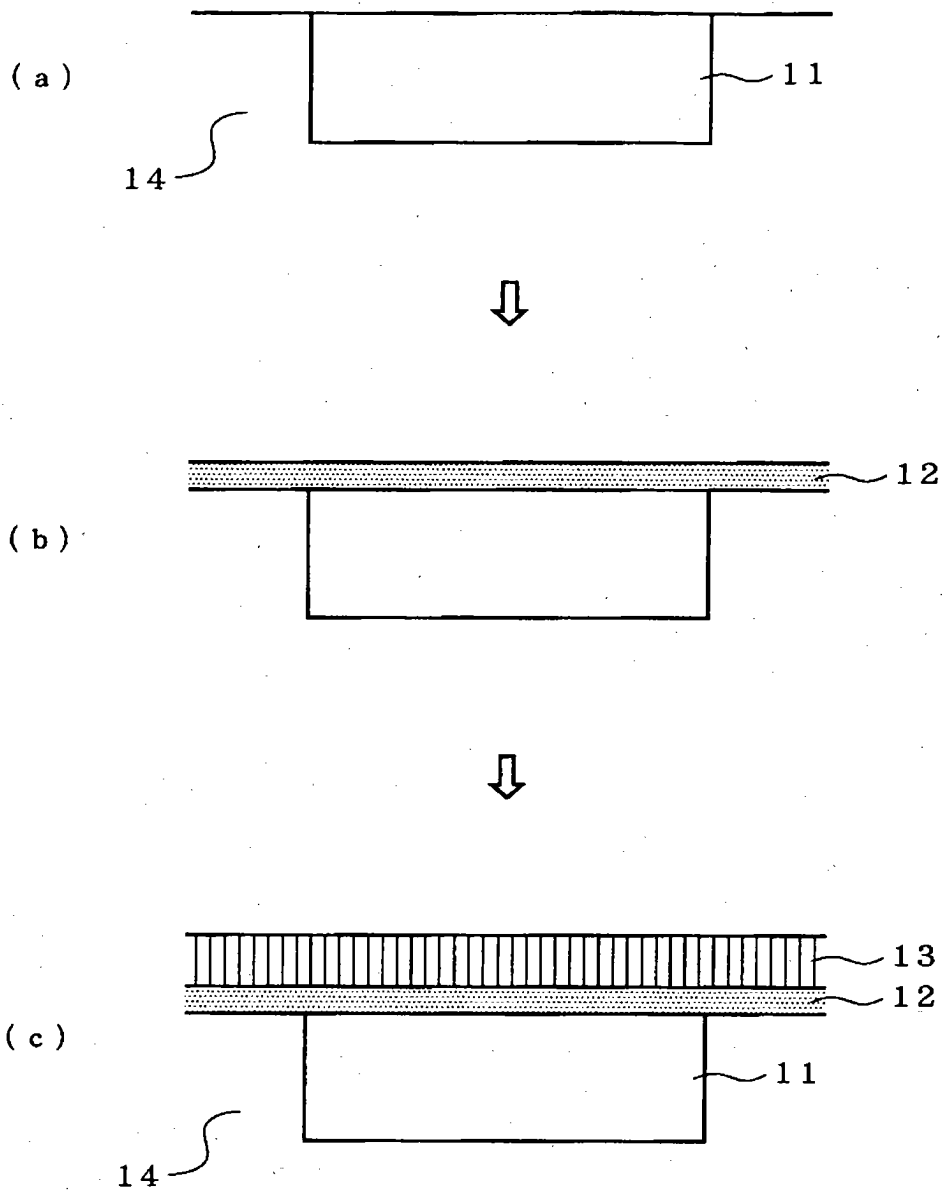
- 1 0 半導体装置
- 1 1, 2 1 銅配線
- 1 2, 1 4 バリア膜
- 1 3 キャップ膜
- 1 5, 1 7, 1 8, 2 0 層間絶縁膜
- 1 6, 1 9 エッチングストップ膜
- 2 2 ビアホール

【書類名】 図面

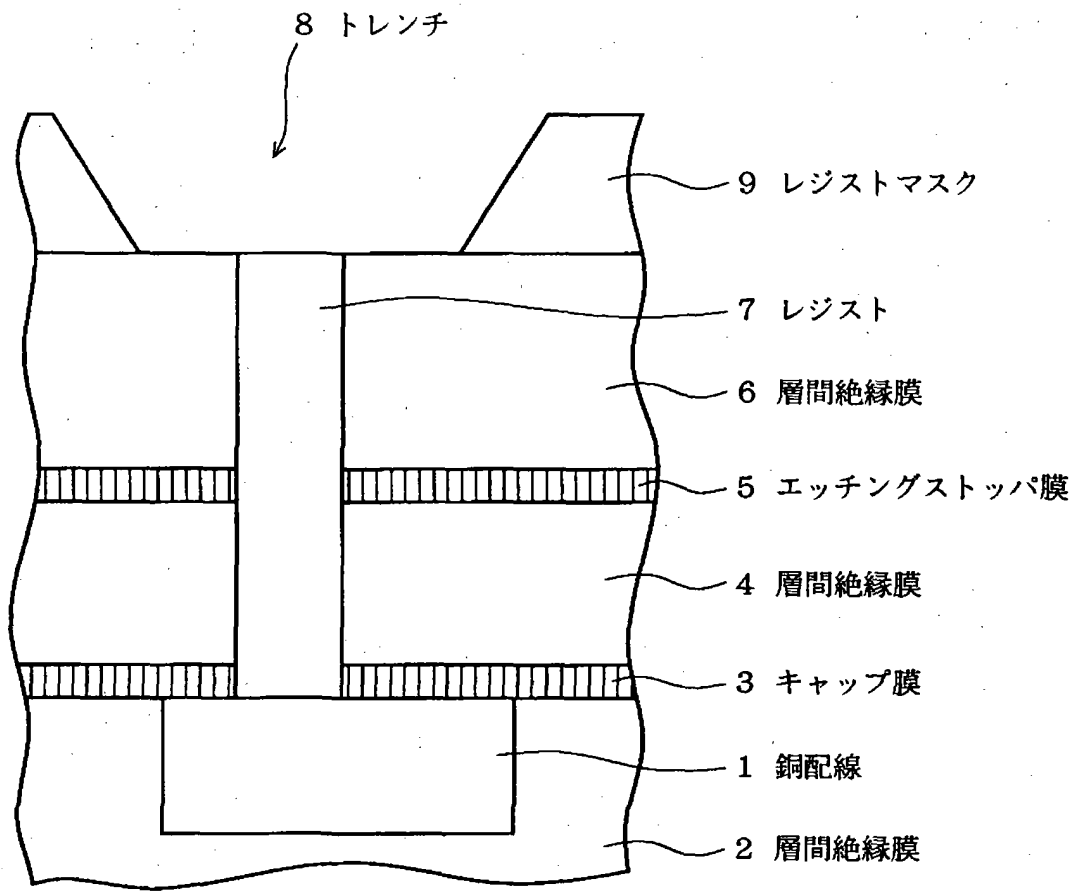
【図 1】



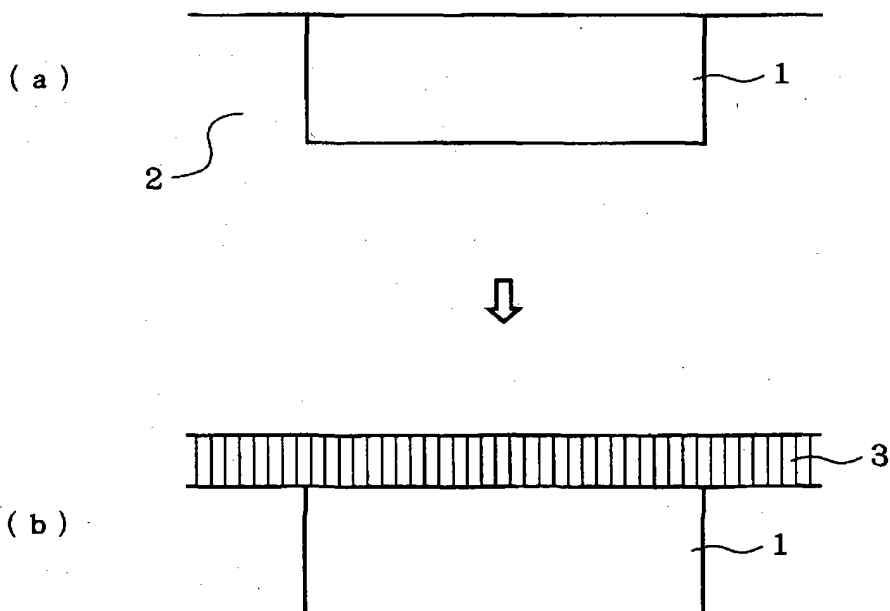
【図 2】



【図3】



【図4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 銅或いは銅合金からなる配線のキャップ膜として、配線が応力腐食割れを引き起こすことがない半導体装置およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 銅或いは銅合金からなる配線 11 の上面が絶縁膜によって覆われた配線構造を有する半導体装置において、配線 11 と絶縁膜の間に、配線 11 の上面を覆うバリア膜 12 を介して銅拡散防止用のキャップ膜 13 を形成した。SiC 膜からなるバリア膜 12 は、SiCN 膜からなるキャップ膜 13 を成膜する成膜用ガスに銅配線 11 が曝されるのを防止する曝露防止膜である。

【選択図】 図 1

【書類名】 出願人名義変更届 (一般承継)

【整理番号】 74112700

【提出日】 平成15年 1月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【事件の表示】

【出願番号】 特願2002-237734

【承継人】

【識別番号】 302062931

【氏名又は名称】 NECエレクトロニクス株式会社

【承継人代理人】

【識別番号】 100086645

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩佐 義幸

【提出物件の目録】

【物件名】 承継人であることを証明する登記簿謄本 1

【援用の表示】 平成15年1月10日提出の特願2002-31848
8の出願人名義変更届に添付のものを援用する。

【物件名】 承継人であることを証明する承継証明書 1

【援用の表示】 平成15年1月16日提出の平成10年特許願第207
468号の出願人名義変更届に添付のものを援用する。

【包括委任状番号】 0217051

【プルーフの要否】 要

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日 1990年 8月29日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都港区芝五丁目7番1号
氏 名 日本電気株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [302062931]

1. 変更年月日 2002年11月 1日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県川崎市中原区下沼部1753番地

氏 名 NECエレクトロニクス株式会社